

## 【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 27-119  
 補助事業名 平成27年度 局所詳細情報の広域的並列展開研究 補助事業  
 補助事業者名 日本女子大学 数物科学科 特任教授 金山 寛

## 1 研究の概要

我々のこれまでの大規模解析技術を広域的な省エネルギー（省エネと略す）対策や危機管理に活用していくための基礎的な検証研究を推進する。本研究は当初2年間の研究として採用されたので目的等は2年間の研究テーマとして記述しているが、実際には2年目の研究が認められなかったので、研究内容は1年目の成果しか記載されていない。

## 2 研究の目的と背景

研究代表者はこれまで民間企業との共同研究を通じて自動販売機（自販機と略す）内部の温度分布のシミュレーションを、5年にわたって行ってきた。究極的には自販機の省エネ対策を地域内の全自販機の統合的な省エネ管理につなげることが目標である。一方自販機内部の熱対流解析のアナロジーで燃料電池自動車からの水素漏洩シミュレーションも手がけてきた。更には粘性浅水波方程式による津波シミュレーションも35年ほど前から準備してきた。これらはいずれも一つの対象領域を詳細に解析するものであった。今回これらの局所詳細情報を広域に短時間で展開する効率的な手法を提案したい。局所的な現象が広域で多数同時に起きることを想定している。自販機はすでに広域に多数設置され、燃料電池自動車の普及期には多くの場所で同時に漏洩事故が発生する事態もあながち空想とは言えない。広域地震時の津波の同時多発が十分ありえることは衆知の事実になりつつある。

## 3 研究内容

## (1) 自販機内部の加熱冷却シミュレーションの実施状況

<http://mcm-www.jwu.ac.jp/~kanayamah/>

- ・ 研究代表者が第14回日本流体力学会中四国・九州支部講演会で講演（5月17日）
- ・ 北出氏（富士電機）による自動販売機についての総合講演（日本女子大学にて8月6日）
- ・ 日本女子大学のオープンキャンパスのオープンラボにてデモンストレーション（8月9日）
- ・ 北出・高松両氏（富士電機）との今後の研究打ち合わせ（11月12日）
- ・ 福岡にて卒業研究生の中間発表会開催（11月13日-15日）

自販機の今年度の課題は二つあった。一つは境界条件の扱い方に改善の余地があったため、ごく一部の缶近傍で局所的な高温が発生するときがあり、特性曲線法の工夫により、解決できないか試み、一応の解決をみた。もう一つは解析モデルをさらに大規模化するための対策である。後者については並行して研究している静磁場解析と同様な問題を抱えており、熱方程式ではシュア補元行列を陽に作成している

ため、100万自由度を突破することは容易でない。来年度以降この問題をどう解決すべきか検討が必要であるが、中山大学のYao准教授はもともと熱方程式を並列CG法で解く立場をとっているので、この問題は回避できる。二つのやり方をしばらく併用するのが得策かもしれない。

上記技術的な検討のほかに、富士電機技術者との定期的な打ち合わせの場を持つようにしたので、現場の意見も聞きながら、来年度以降も研究を推進していく。富士電機サイドも本研究の成果に重大な関心を寄せている。

## (2) 水素拡散シミュレーションの実施状況

水素拡散については、研究が中断していたが、できるだけ早く研究再開にもっていけると考えていた。なぜならソフトウェアは自販機の場合とほとんど同じものを使うので、比較的早期に再開できると思っていた。実際、九州大学時代の博士課程学生（Dr. Yao）が中国の中山大學で准教授になっているが、彼が1月27日に来日して2月20日まで主に九州大学産学官連携イノベーションプラザで共同研究を開始し、一気に準備が整った。Dr. Yaoは来年度も夏休みを利用して来日する予定になっているので、JKA研究が継続できないのは残念であるが、水素拡散の研究自身は今後も続けていく。

## (3) 津波シミュレーションの実施状況 <http://mcm-www.jwu.ac.jp/~kanayamah/>

- ・ソフトウェアを再導入し（4月18日）、卒業研究生1名が調査した。
- ・卒業研究生が体調の不調を訴えた時期があったが回復してきたので、11月25日午後に室谷氏（東大）と研究打ち合わせを持った。

東北沖の津波について、3通りのメッシュについて計算を行い、一番細かいメッシュの場合に計算が途中で止まるので、その原因を調べ、対策をたてることを当面の課題にしている。本研究開始前の予備調査でも検討したが、ある程度の予想はついているものの未だに原因が特定できていない。地道な研究を継続することにより、できるだけ早く突破口を見出し、1年遅れでも結果を公表したいと思っている。

## 4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

東北大震災のあと、東京都の石原知事（当時）が自販機不要論を主張したのは記憶に新しい。この主張の是非は別にしても、自販機の省エネ化が必要なのは業界でもよく認識されている。我々はこの5年にわたって、**省エネ実現のためには庫内の温度分布の把握が必須**という立場で詳細なシミュレーション手法を検討してきたが、一箇所の自販機についての詳細解析のみで、広域展開については何も検討してこなかった。**この局所詳細解析を“ビッグデータの統合利活用”につなげるためには、広域的並列展開を検討する必要がある。**

文献等に指摘されているように広域津波伝播予報にはいくつかの困難があることが知られているが、**我々は“ビッグデータの統合利活用”と大規模計算を組み合わせることにより、上記問題点の克服を目指している。**

他方、近年化石燃料に替わり水素が新たな燃料として注目され、水素利用社会実現のために研究が盛んに行われている。水素は、炭化水素燃料に比べ、着火に必要なエネルギーが小さい、爆発に至り易いなどの危険な性質を持つため、水素が漏洩した場合の拡散挙動を解析する実験を行うことには困難が伴う。従って計算機上で数値解析し水素の拡散現象を明らかにすることで、水素を安全に利用することに貢献していくことが期待されている。自販機の設置に比べ、燃料電池自動車の普及はこれからであるが、**普及期を迎える前に水素漏洩対策は十分に検討しておく必要がある**。ここでも予備計算を十分に行い、着火限界体積濃度4%に達する前に、うまく水素を放出する仕組み作りが求められる。駐車場の構造は自販機の場合と同様に、それほど大きく異ならないと思われるので、一つの駐車場における**ケース・スタディ結果（局所詳細情報）をデータベース化し、事故発生時の緊急対応に備える必要がある**。構築されたデータベースに対しては、基本的にグループ分けを行って整理することを考えている。

グループ分けの際に**同一グループとみなす判断基準**はこれまでの三例に限っても、例ごとに異なる。夏場の自販機の場合は、庫内の重要指標（取り出し間近の缶の周囲温度）の時刻歴が“近い”（数学的な意味を明確にする必要がある）ものを同一グループとみなすことになる。駐車場の水素漏洩の場合は室内の最高体積濃度が重要指標になり、それをもとにグループ分けを考えることになる。津波の場合はいろいろな見方があるが、我々は津波の到達時間と到達高さを重要指標と考えている。このように**対象ごとに重要指標を設定し、それがどのようになるかで事象のグループ分け**を行っていくことになる。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

水素の漏洩現象を数値解析するには、基本的に非定常問題を解析しなければならない。水素利用社会において、水素は高圧のタンクに貯蔵されることが多くなり、高圧のタンクから水素が漏洩した場合、非定常流れが生ずると予想される。また、非定常問題を解くことで、水素が漏洩した際の安全な避難経路を割り出すこともできる。

自販機内の熱対流解析や津波の伝播シミュレーションも同様に非定常問題である。課題はこうした局所的な非定常問題の詳細情報をどのようにして短時間で広域に並列展開できるかという点である。対象領域の数だけ並列に解析を行うこと以外に何かうまいやり方がないのかを調べる必要がある。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

・ H. Kanayama

An Industrial Application of Thermal Convection Analysis,  
公開のe-mail受領(8月27日)<http://www.worldscientific.com/worldscinet/ijcm>  
International Journal of Computational Methods Vol. 13, No. 2 (2016) (World Scientific Publishing Company) にも掲載予定である。

・ Q. Yao, H. Zhu

Numerical Simulation of Hydrogen Dispersion Behaviour in a Partially Open Space by a Stabilized Balancing Domain Decomposition Method,  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0898122115000954>

Computers and Mathematics with Applications, Vol. 69, Issue 10 (2015)  
1068-1079

- ・ K. Murotani, S. Koshizuka, E. Nagai, T. Fujisawa, A. Anju, H. Kanayama, S. Tanaka, K. Hasegawa  
Tsunami Run-Up Simulation (Pages 157-177),  
[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-21048-3\\_6](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-21048-3_6)  
“High-performance computing for structural mechanics and  
earthquake/tsunami engineering” S. Yoshimura, M. Hori, M. Ohsaki (editors)  
が、Springerから出版された。(11月)

## 7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

(株) インサイト成果物 (自販機解析用データ生成システム) 詳細2016年3月18日以降連絡  
<http://mcm-www.jwu.ac.jp/~kanayamah/>

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの  
なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 日本女子大学理学部数物科学科金山研究室  
(ニホンジョシダイガク リガクブ スウブツカガクカ カナヤマ  
ケンキュウシツ)

住 所： 〒112-8681 東京都文京区目白台2-8-1

申 請 者： 特任教授 金山 寛 (カナヤマ ヒロシ)

担 当 部 署： 数物科学科 (スウブツカガクカ)

E-mail： [kanayamah@fc.jwu.ac.jp](mailto:kanayamah@fc.jwu.ac.jp)

U R L： <http://mcm-www.jwu.ac.jp/~kanayamah/>